

трудоемкость процесса решения задачи для систем большой размерности. Задачей дальнейшего исследования является разработка эффективного алгоритмического и программного обеспечения, реализующего предлагаемый матричный метод декомпозиции графа ССУ, и расширение глобального анализа графов.

Библиографический список использованной литературы

1. Казанцев В.П. Теория автоматического управления. Линейные системы управления: Учеб. пособие / В.П. Казанцев. – Пермь: Изд-во РИО ПГТУ, 2004. – 179 с.
2. Денисов А.А. Теория больших систем управления: Учебное пособие для вузов / А.А. Денисов, Д.Н. Колесников. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 287 с.

Grushun T.A., Grushun A.I. Structural and Topological Decoupling of Count Models of Difficult Control Systems

The method of structural and topological decoupling of the difficult control systems offers the structure of that is set as a count, and based on the use of adjacency of tops of count matrix. A method allows to decrease temporal expenses, labour intensiveness of process of decoupling. Results over of decision of task are brought.

Keywords: difficult control system, oriented count, topological decoupling, closely-coupled interfaces, adjacency of tops of count matrix, matrix method of decoupling.

Грушун Т.А., Грушун А.І. Структурно-топологічна декомпозиція графських моделей складних систем управління

Запропоновано метод структурно-топологічної декомпозиції складних систем управління, структура яких задана у вигляді графа, і ґрунтований на використанні матриці суміжності вершин графа. Метод дозволяє зменшити тимчасові витрати, трудомісткість процесу декомпозиції. Приведені результати рішення задачі.

Ключові слова: складна система управління, орієнтований граф, топологічна декомпозиція, сильні зв'язки, матриця суміжності вершин графа, матричний метод декомпозиції.

УДК 004.4:519.87

И.А. Скатков, доц., канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Россия, 299053

E-mail: kvт.sevntu@gmail.com

Ю.В. Сосновский, доц., канд. техн. наук

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского

пр. Вернадского 4, г. Симферополь, Россия, 295000

МЕТОДОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПРОГРАММНОГО СТЕНДА ДЛЯ АНАЛИЗА ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ СЕТЕВЫХ ПРОЕКТОВ²

Описана функциональная структура, области применения, возможности, интерфейс программного стенда для анализа задач распределения ресурсов сетевых проектов. Приведен пример оптимизации сетевого графа работ при детерминированных и стохастических условиях. Указаны направления дальнейшей работы по совершенствованию программного продукта.

Ключевые слова: сетевой анализ на графах со случайными характеристиками, поддержка принятия решений, распределение ресурсов.

Процессы принятия управленческих решений сопряжены с необходимостью в режиме реального времени обеспечивать сбалансированное распределение доступных ресурсов в интересах различных систем, имеющих противоречивые целевые функции. Одним из эффективных подходов к разрешению формирующихся ресурсных противоречий является сетевой анализ проектов [1]. Однако большинство фундаментальных результатов в данной предметной области связаны с наличием полной информации о характеристиках проекта. Поэтому предложена программная реализации инструментария поддержки принятия решений.

Назначение программного стенда – проведение исследований, направленных на оптимальное распределение дополнительного ресурса по работам при сетевом планировании для детерминированных и стохастических условий. В последнем случае моделируется воздействие случайного фактора на длительность работы – к длительности работы прибавляется псевдослучайная величина,

² Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-41-01522).

сгенерированная по заданному закону распределения (рисунок 1). Предполагается, что на общий объем дополнительного ресурса (суммарного дополнительного ресурса) наложено ограничение, и зависимости изменения длительностей работ от размера вложенного в работу дополнительного ресурса (функций длительности работ от вложенных ресурсов) известны.

Программный стенд предоставляет пользователю следующие возможности:

- ввод, редактирование, сохранение в файл и загрузку из файла набора работ, входящих в проект, их параметров и связей между ними.
- назначение функций длительности работ от вложенных дополнительных ресурсов в работы при общем ограничении суммарного дополнительного ресурса.
- назначение функций распределения изменения длительности каждой работы под воздействием возмущающих факторов.
- расчет плановых параметров сетевых графиков с учетом вложенных дополнительных ресурсов.
- построение диаграммы Ганта.
- циклический расчет, с заданными параметрами цикла, длительности критического пути и создание выборки длительностей критического пути.
- определение частот попадания каждой работы на критический путь.
- построение гистограммы выборки длительностей критического пути.
- сохранение диаграммы Ганта и гистограммы как графических файлов.
- ведение протокола работы, со хранение файла протокола.

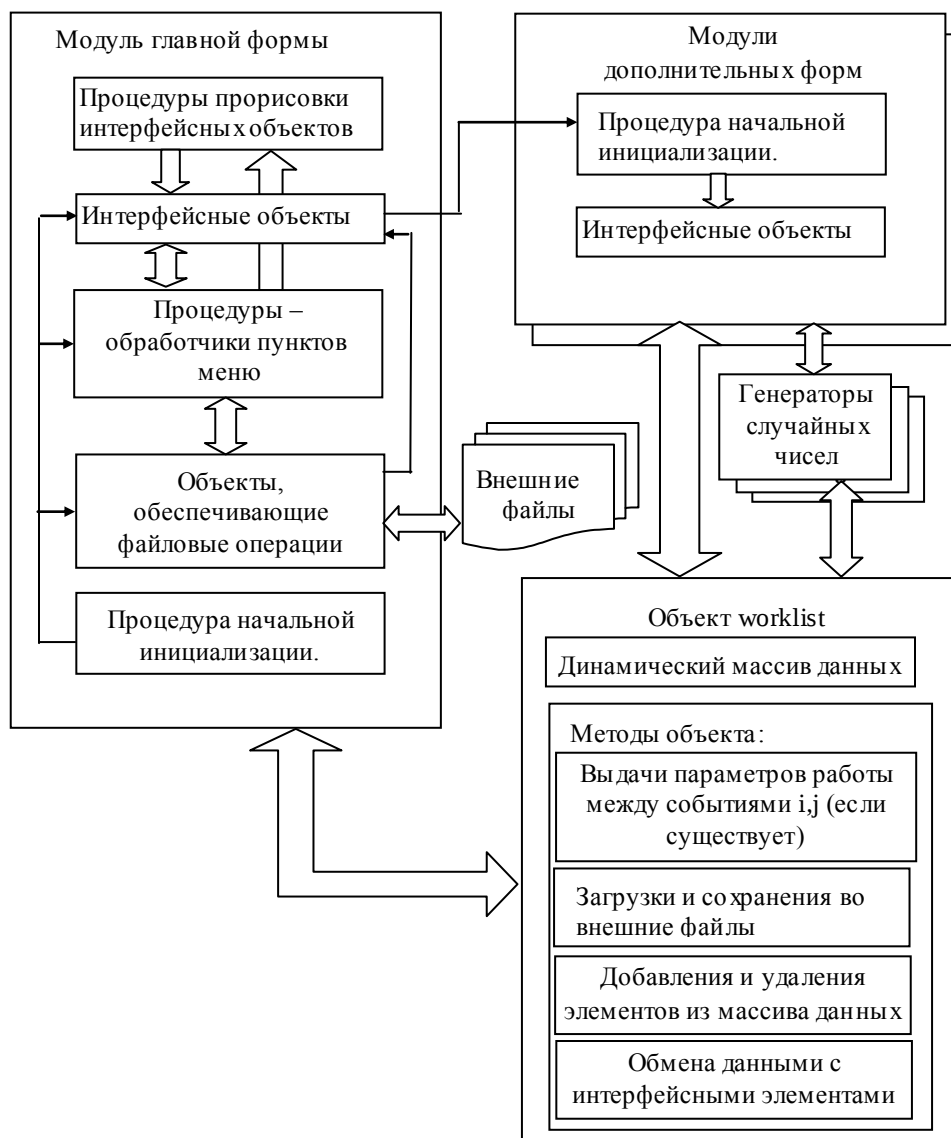


Рисунок 1 — Внутренняя структура программы

Программный стенд имеет следующие особенности:

Функции снижения длительности работ от вложенных дополнительных ресурсов вводятся графически – задается график функции с помощью перемещения подвижных маркеров, интервалы между маркерами линейно аппроксимируются. Это позволяет определить произвольные функциональные зависимости

Дополнительный ресурс задается в в процентах от максимального суммарного. Обеспечивается неперевышение ста процентов суммы введенного дополнительного для работ ресурса. Это достигается запретом на ввод значений ресурса с клавиатуры, ввод допустим только перемещением ползунка трекбара, верхний предел которого автоматически изменяется.

Граф работ представляет из себя динамический объект, размер которого ограничивается только имеющейся оперативной памятью, объект сохраняется как бинарный файл. Кроме названия работы, номера начального и конечного события, в объекте также хранятся назначенные дополнительные ресурсы и функции снижения длительности от выделенного дополнительного ресурса для каждой работы. Поля объекта отображаются в таблице и дополнительных интерфейсных элементах. Обновление полей объекта при изменении интерфейсных элементов происходит автоматически.

Протокол работы – текстовый файл.

При создании программного стенда использовались некоторые решения, полученные в [1,2].

Программный стенд создан на основе объектно-ориентированного подхода. Его внутренняя структура представлена на рисунок 2. Преимущества такого построения следующие:

- функциональная полнота
- внутренняя непротиворечивость
- адекватность реализованных функций цели построения
- адекватность структуры требуемым функциям
- открытость, возможность дополнения без перестройки структурной организации.

Таким образом, обеспечивается адаптивность и увеличивается срок службы программного обеспечения.

Программный стенд имеет главную и дополнительные формы.

Главная форма (рис. 2) появляется в момент запуска программы и содержит меню (1), набор кнопок быстрого доступа (2), таблицу с графом работ (3), таблицу с рассчитанными временными характеристиками (4), панель для построения диаграммы Ганта (5) и панель вывода файла протокола (6). Размеры элементов формы можно изменять с помощью сплиттеров (7, 8).

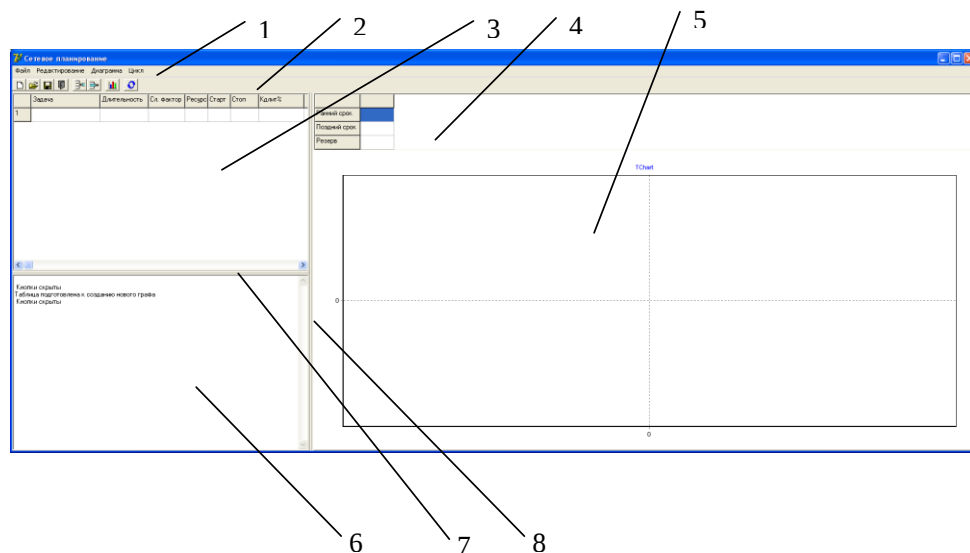


Рисунок 2 — Главная форма программы

Форма назначения ресурсов (рисунок 3) отображается при нажатии в таблице графа работ кнопки, автоматически появляющейся в ячейке редактирования дополнительного ресурса, когда соответствующая ячейка таблицы работ становится активной (рисунок 4).

Форма назначения ресурсов имеет следующие интерфейсные элементы:

1. Панель ввода функции снижения длительности (в процентах) от дополнительного ресурса для заданной работы (в процентах);
2. Трекбар для назначения дополнительного ресурса редактируемой работе;

3. Кнопка сохранения заданной функции снижения длительности;
4. Отображение назначенного ресурса
5. Отображение коэффициента снижения длительности работы (от нуля до единицы)

Форма определения параметра генератора случайных чисел (рисунок 5) для моделирования воздействия возмущающих факторов, отображается при нажатии в таблице графа работ кнопки, с изображением игральной кости, автоматически появляющейся в ячейке редактирования случайного фактора, когда соответствующая ячейка таблицы работ становится активной (рисунок 6).

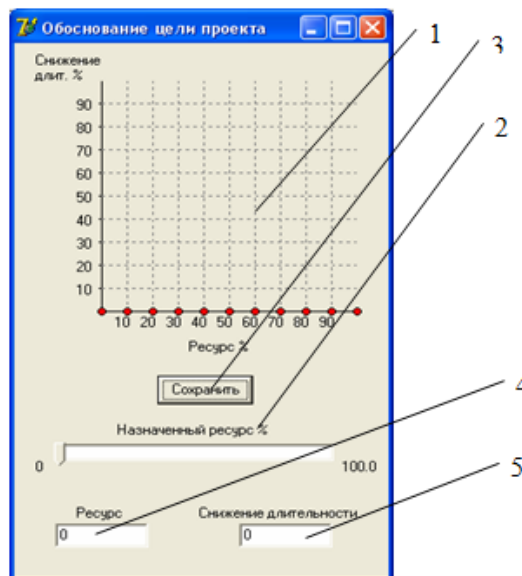


Рисунок 3 — Форма назначения ресурсов

Сетевое планирование									
Файл Редактирование Диаграмма Цикл									
	Задача	Длительность	Сл. фактор	Ресурс%	Старт	Стоп	K		
1	Обоснование цели прое	2.00	gaup (0;1)	0.00	0	1	0.		Р
2	Проведение маркетинг	5.00	norm (0;2)	0.00	1	2	0.		П

Рисунок 4 — Кнопка вызова формы назначения ресурсов

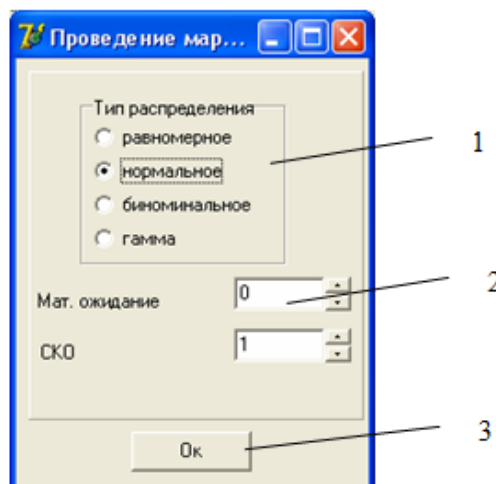
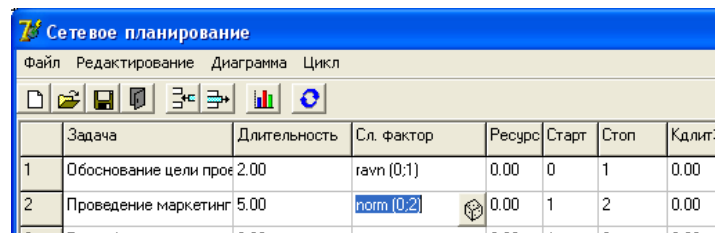


Рисунок 5 — Форма назначения ресурсов



	Задача	Длительность	Сл. фактор	Ресурс	Старт	Стоп	Кдлит:
1	Обоснование цели прое	2.00	gaup (0;1)	0.00	0	1	0.00
2	Проведение маркетинг	5.00	norm (0;2)	0.00	1	2	0.00

Рисунок 6 — Кнопка вызова формы определения параметра генератора случайных чисел. Форма определения параметра генератора случайных чисел имеет следующие интерфейсные элементы:

1. панель выбора закона распределения;
2. поля ввода параметров закона распределения;
3. кнопка закрытия формы и принятия результатов.

Форма определения параметров цикла (рисунок 7) предлагает ввести пользователю объем выборки длительностей критического пути, а также отказаться или подтвердить запись работы программы в протокол. Кнопка ОК запускает циклический расчет с генерацией возмущающих факторов, по завершении которого выводится гистограмма выборки (рисунок 8) и таблица частот попадания работ на критический путь.

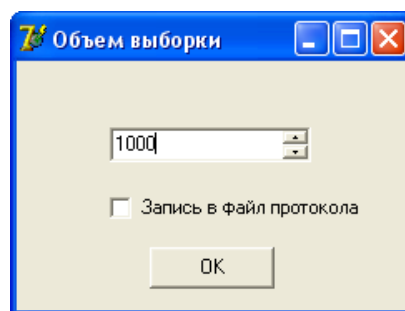


Рисунок 7 — Форма определения параметров цикла

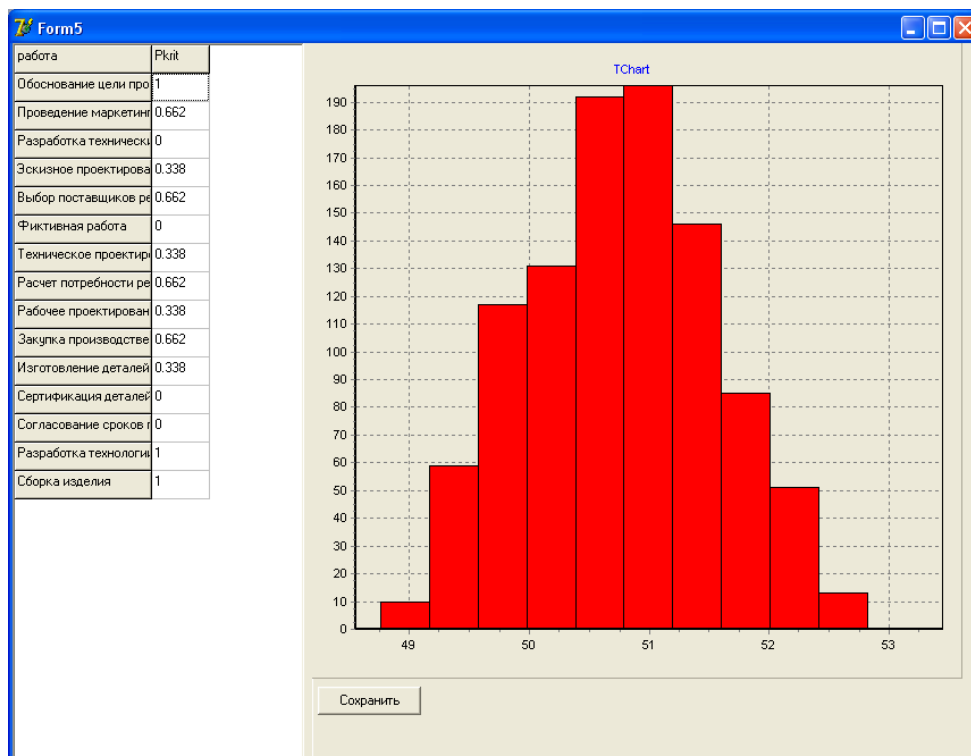


Рисунок 8 — Форма вывода гистограммы выборки длительностей критического пути .

Управление программой состоит из этапов ввода и редактирования набора работ, входящих в проект, их параметров и связей между ними, анализа полученных результатов и изменения параметров проекта с целью улучшения его плановых параметров.

Управление программой осуществляется с помощью меню или соответствующих кнопок быстрого доступа. Структура меню показана на рисунке 9.

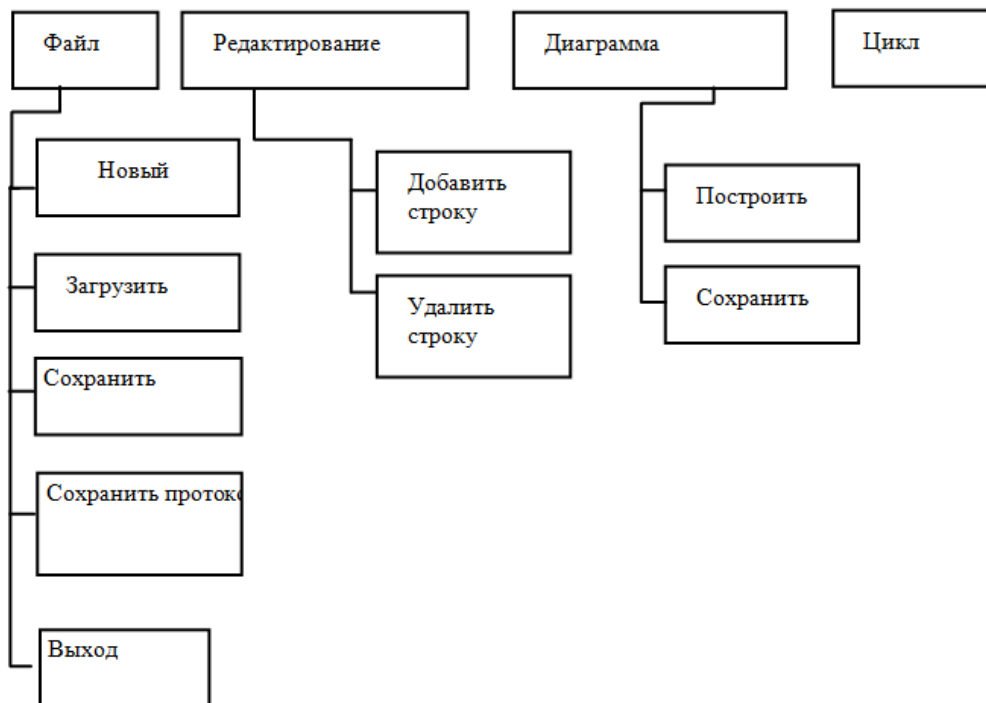


Рисунок 9 — Структура меню программы

Элементы меню «Файл» используются для файловых операций и завершения работы с программой. Значение элементов подменю:

«Новый» - инициализирует граф работ и внутренние переменные, очищает таблицу графа работ, удаляет из нее все строки, кроме первой.

«Загрузить» - загружает из бинарного файла ранее сохраненный граф работ. Файл имеет расширение dat. Загруженный граф отображается в таблице. Выбор файла осуществляется стандартным файловым диалогом операционной системы.

«Сохранить» - сохраняет в бинарный файл граф работ. Как и в предыдущем случае выбор файла осуществляется стандартным файловым диалогом операционной системы.

«Сохранить протокол» - сохраняет в текстовый файл "protocol.txt" файл протокола работы программы. Ранее имевшийся файл протокола уничтожается.

«Выход» - завершение текущего сеанса работы с программой.

Элементы меню «Редактирование» используются для добавления или удаления строки в таблицу, отображающую граф работ. Элемент «Добавить строку» вставляет строку в таблицу в позиции курсора, строки расположенные в позиции курсора и ниже сдвигаются вниз. Элемент «удалить строку» удаляет строку из таблицы в позиции курсора, строки расположенные ниже удаляемой сдвигаются вверх.

Элементы меню «диаграмма»:

«Построить» рассчитывает временные параметры с учетом снижения длительностей работ от вложенных дополнительных ресурсов и строит диаграмму Ганта.

«Сохранить» Сохраняет построенную диаграмму Ганта как графический файл.

Пункт меню «цикл» открывает форму определения параметров цикла, по окончании работы с которой и нажатии кнопки «ОК» производится циклический расчет временных параметров сетевого графика, строится гистограмма выборки длительностей критического пути и таблица частот попадания работ на критический путь.

Приведем пример исследования проекта создания измерительной станции. Задан граф работ (рис. 10). Вершины графа – события, дуги – работы. Детализовка графа приведена в таблице 1

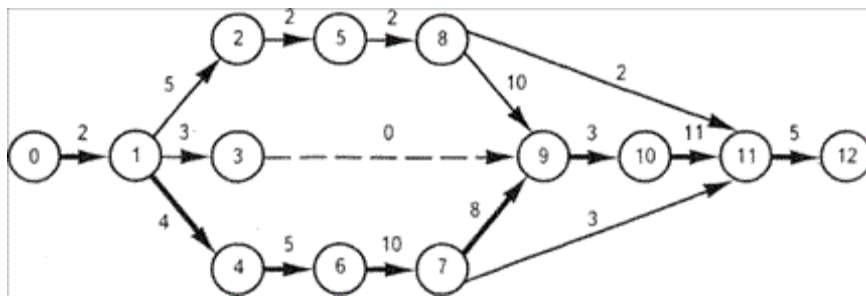


Рисунок 10 — Пример графа работ

Таблица 1 – Перечень выполняемых проектных работ

Наименование работ	Продолжительность, дней	Код
1. Разработка технических требований	2	0-1
2. Проведение экономического анализа	5	1-2
3. Разработка технических условий	3	1-3
4. Эскизное проектирование	4	1-4
5. Выбор поставщиков	2	2-5
6. Фиктивная работа	0	3-9
7. Техническое проектирование	5	4-6
8. Расчет потребности ресурсов	5	5-8
9. Рабочее проектирование	10	6-7
10. Закупка производственных ресурсов	15	8-9
11. Изготовление деталей	8	7-9
12. Технический контроль деталей	2	8-11
13. Согласование сроков поставки	3	7-11
14. Разработка технологии сборки	3	9-10
15. Сборка изделия	11	10-11
16. Отправка изделия заказчику	5	11-12

Этап 1. Построим диаграмму Ганта и определим длину критического пути при условии, что дополнительные ресурсы не заданы. Запускаем программу, выбираем элемент меню «Файл» -> «Новый». С помощью элемента «Редактирование» -> «Добавить строку» добавляем в таблицу 16 строк, и в соответствии с таблицей 1 заносим данные (рисунок 11).

Сетевое планирование						
Файл Редактирование Диаграмма Цикл						
Задача	Длительность	Сл. фактор	Ресурс	Старт	Стоп	
1 Обоснование технических требований	2.00		0.00	0	1	
2 Проведение экономического анализа	5.00		0.00	1	2	
3 Разработка технических условий	3.00		0.00	1	3	
4 Эскизное проектирование	4.00		0.00	1	4	
5 Выбор поставщиков ресурсов	2.00		0.00	2	5	
6 Фиктивная работа	0.00		0.00	3	9	
7 Техническое проектирование	5.00		0.00	4	6	
8 Расчет потребности ресурсов	5.00		0.00	5	8	
9 Рабочее проектирование	10.00		0	6	7	
10 Закупка производственных ресурсов	15.00		0.00	8	9	
11 Изготовление деталей	8.00		0.00	7	9	
12 Технический контроль деталей	2.00		0.00	8	11	
13 Согласование сроков поставки	3.00		0.00	7	11	
14 Разработка технологии сборки	3.00		0.00	9	10	
15 Сборка изделия	11.00		0	10	11	
16 Отправка продукции заказчику	5.00		0.00	11	12	

Рисунок 11 — Таблица работ с внесенными данными в соответствии с таблицей 1

С помощью элемента «Диаграмма» -> «Построить» строим диаграмму Ганта и определяем длину критического пути (рисунок 12). В нашем случае он равен 48. Связи работ, находящиеся на критическом пути показаны утолщенными линиями. Работы, находящиеся на критическом пути выделяются в таблице цветом.

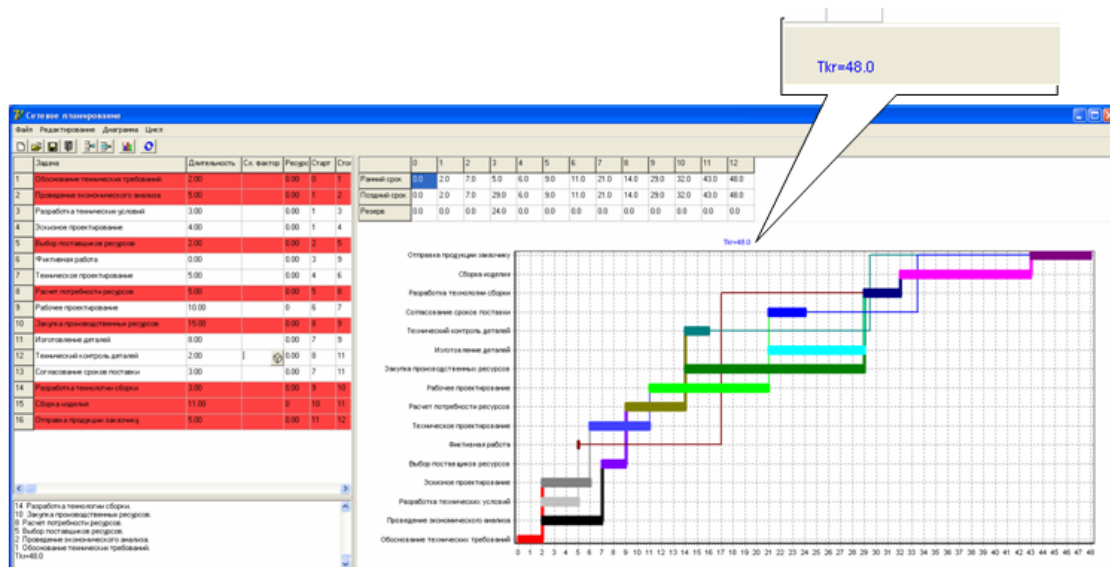


Рисунок 12 — Основное окно программы с результатами расчетов

Этап 2. Теперь определим, как изменится длина критического пути при назначении дополнительного ресурса. Пусть дополнительный ресурс назначается на работы 1, 2 и 16, причем для работ 1 и 2 снижение длительности прямо пропорционально приложенному дополнительному ресурсу, причем при назначении 100% ресурса длительность сокращается вдвое. Для работы 16 снижение длительности прямо пропорционально приложенному дополнительному ресурсу до 50%, при 50% снижение длительности работы составляет 30%. Дальнейшее увеличение дополнительного ресурса для работы 16 ее длительность не изменяет. Назначим имеющийся дополнительный ресурс для работ 1, 2 и 16 в количестве 30%, 30% и 40% соответственно.

Для соответствующей работы нажимаем кнопки назначения ресурса (рисунок 2). По нажатию кнопок вызывается дополнительное окно программы, в котором графически с помощью перемещения маркеров по вертикали назначаем вид функции, а перемещением ползунка трекбара назначаем размер дополнительного ресурса (рисунок 13), после чего нажимаем кнопку сохранить и закрываем форму.

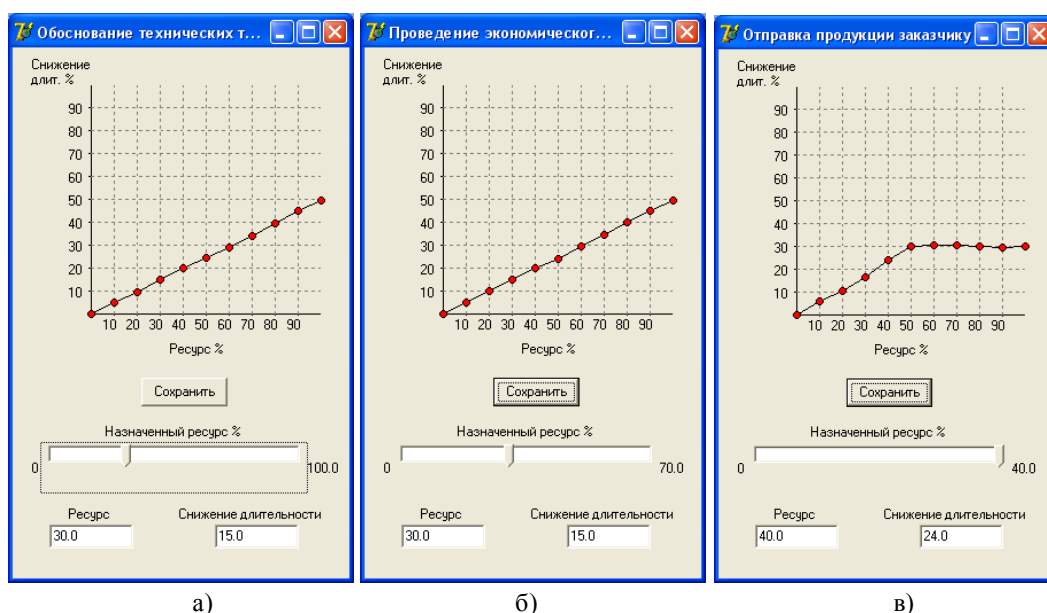


Рисунок 13 — Задание функций и назначение ресурса работам 1 (а), 3 (б), 16 (в).

Строим диаграмму Ганта, с указанным в примере назначением дополнительного ресурса критический путь равен 46,5.

Снижение времени критического пути незначительно. Это объясняется, во-первых, тем, что работа 2 не критическая, вложение в нее дополнительного ресурса и сокращение ее длительности не влияют на общее время выполнения задачи. Во-вторых, работы 1 и 16 имеют незначительную длительность по сравнению, например, с критическими работами 9 и 15, и поэтому вложение в них дополнительного ресурса изменяет общее время выполнения задачи незначительно.

Этап 3. Перераспределяем ресурс в работы 9 и 15 в равных частях. Для этого нажимаем последовательно кнопки назначения ресурса для работ 1, 2, 16 и в открывшихся окнах перемещением ползунка трекбара назначаем размер дополнительного ресурса устанавливаем размер ресурса 0.

Пусть для работ 9 и 15 снижение длительности прямо пропорционально приложенному дополнительному ресурсу до 60%, при 60% снижение длительности работы 9 составляет 50%, а работы 15 40%. Дальнейшее увеличение дополнительного ресурса для работ 9 и 15 их длительность не изменяет. Назначим функции и дополнительный ресурс (см. этап 2) для работ 9, и 15 в количестве 50%, каждой.

Построим диаграмму Ганта и определим критический путь (рисунок 10). Длина критического пути составила 44,4, что значительно меньше, чем для этапа 3. Из анализа диаграммы (рисунок 14) видно, что работа 9 при указанном назначении ресурса и сокращении длительности перестала быть критической, у нее появился резерв времени, но критической теперь стала работа 8. Следовательно, необходимо уменьшить дополнительный ресурс для работы 9 и перераспределить его на другие критические работы.

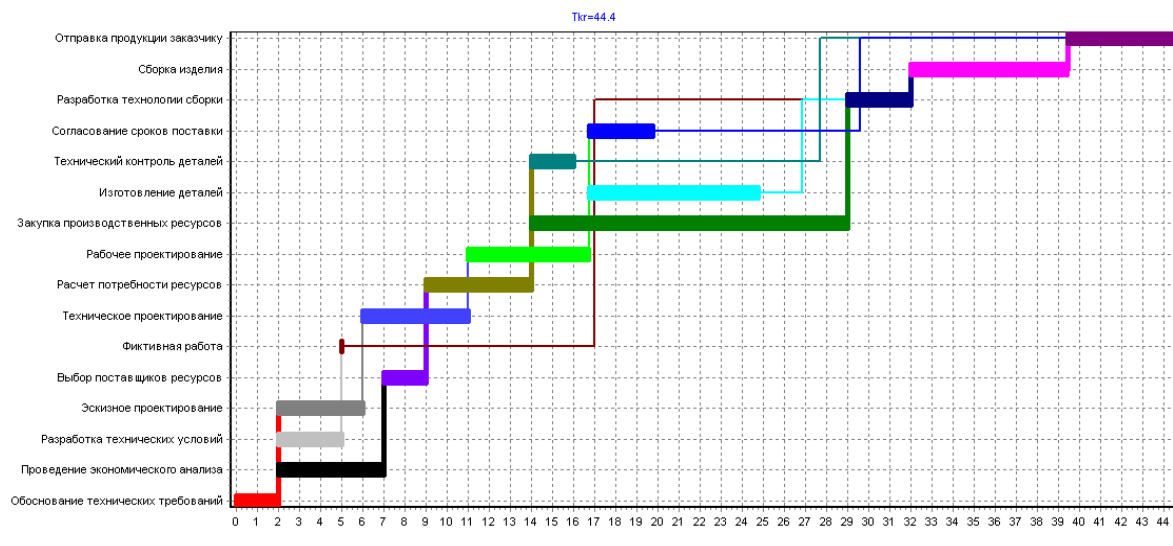


Рисунок 14 — Диаграмма Ганта для этапа 3

Этап 4. Перераспределив ресурс между работами 9 и 15 в количестве 40% и 60%, получаем значение критического пути 43,7, причем работа 9 снова становится критической.

Таким образом, задавая различные распределения ресурса между работами можно добиться существенного снижения критического пути. При этом, при получении каждого нового результата необходимо анализировать полученную диаграмму Ганта для поиска путей улучшения имеющегося решения.

Этап 5. Проанализируем, как влияет на устойчивость полученного решения влияние возмущающих факторов. Пусть к длительности работы 16 прибавляется случайная равномерно распределенная величина в диапазоне $[-1;1]$, моделирующая случайный график движения транспорта, к работам 9 и 11 прибавляется случайная величина, моделирующая влияние различных факторов на производительность труда, распределенная по нормальному закону распределения с математическим ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением 2. Вводим с помощью формы определения параметра генератора случайных чисел указанные случайные факторы в таблицу (рисунок 15).

	Задача	Длительность	Сл. фактор	Ресурс	Старт	Стоп	Кдлин
6	Фиктивная работа	0.00		0.00	3	9	0.00
7	Техническое проектир	5.00		0.00	4	6	0.00
8	Расчет потребности рес	5.00		0.00	5	8	0.00
9	Рабочее проектировани	10.00	norm (0;2)	40.00	6	7	34.50
10	Закупка производств	15.00		0.00	8	9	0.00
11	Изготовление деталей	8.00	norm (0;2)	0.00	7	9	0.00
12	Технический контроль	2.00		0.00	8	11	0.00
13	Согласование сроков п	3.00		0.00	7	11	0.00
14	Разработка технологии	3.00		0.00	9	10	0.00
15	Сборка изделия	11.00		60.00	10	11	39.50
16	Отправка продукции за	5.00	ravn (-1;1)	0.00	11	12	0.00

Рисунок 15 — Таблица работ с введенными случайными факторами

Далее выбираем пункт меню «цикл», определяем объем выборки в 1000 элементов и получаем гистограмму выборки длительностей критического пути и таблицу частот попадания работ на критический путь (рис. 8). Из полученных результатов видно, что критический путь неустойчив, при влиянии возмущающих факторов на длительность работ, критический путь не превысит 47 дней.

Сохраняем граф работ, протокол и завершаем работу программы.

Таким образом, предложено программное средство, осуществляющее поддержку принятия решений по управлению сетевым проектом при учете противоречивых целевых функций для детерминированных и стохастических условий. Поиск лучшего решения осуществляется ЛПР эвристически, на основе анализа имеющегося решения. Программное средство позволит испытать различные методики оптимизации сетевого проекта. Поскольку при создании программы использовалась модульная структура на основе объектно-ориентированного подхода, то возможно широкое расширение функциональных возможностей программы, например табулирование какого либо из входных параметров, создание возможности не только интерактивной, но и автоматизированной работы программы по файлу сценария, с табулированием параметров и построением графика результата.

Библиографический список использованной литературы

1. Птушкин А. И., Лысенко И. В. Оптимальное распределение ограниченного целочисленного ресурса на сети произвольной топологии. / А. И. Птушкин, И. В. Лысенко //Кибернетика – Киев: Ин-т кибернетики АН Украины, 2003. - № 3 с. 77-87.
2. Ловягин В.С. Маловик К.М. Скатков А.В. Программный комплекс для исследования чувствительности непараметрических критериев / В.С. Ловягин, К.М.Маловик, А.В.Скатков //Системы обработки информации. – Х: Изд-во ХУ ПС, 2011. №5(95). С 79-82.
3. Маловик К.Н., Скатков И.А. Инструментальное средство для оценивания эффективности непараметрических критериев /К.Н. Маловик, И.А. Скатков. Информатика: сб. науч. тр. вып. 131 /Севастополь, Издательство СевНТУ, 2012.- 236 с. – с. 7-13.

Skatkov I.A., Sosnovskij Y.V. Program stand for analysis resource allocation problems of network projects

Described functional structure, scope, capabilities, interface software for the analysis of the stand resource allocation problems of network projects. An example of optimizing network graph works with deterministic and stochastic environments. Indicated areas for further work to improve the software.

Keywords: network analysis on graphs with random characteristics, decision support, resource allocation.